

**УДК 681.625.8**

*В.А. Яригін, студент гр. ПБ-61, к.т.н., доц. Вислоух С.П.*

КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ПРОТОТИПІВ ЗА ДОПОМОГОЮ 3D ДРУКУ**

**Анотація.** В статті розглядаються питання виготовлення деталей шляхом 3D друку. Наведено етапи реалізації процесу отримання прототипів. Вказано важливість вибору ефективної системи отримання 3D моделі. Поставлена задача проведення досліджень впливу режимів процесу 3D друку на характеристики якості отриманих деталей.

**Ключові слова:** 3D друк, етапи процесу друкування, системи моделювання, параметри якості деталей.

### **ВСТУП**

На сьогодні прогресивні технології дозволяють досить швидко і просто виготовляти прототипи деталей та механізмів. Цьому сприяють сучасні засоби моделювання та системи технічної й конструкторської документації. Для виконання проектів та інших професійних робіт доцільно користуватися комплексом доступних технологічних і програмних засобів, що полегшують та пришвидшують виконання цих робіт. Для виготовлення прототипів найбільш популярною є технологія 3D друку. Свою популярність цей метод виготовлення деталей отримав через простоту використання, відносну дешевизну й універсальність, а також можливість його використання в багатьох сферах науки і техніки.

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Послідовність процесу виготовлення деталей 3D друку завжди зводиться до наступних кроків: отримання завдання або синтезція власної ідеї; конкретизація цієї ідеї та розробка варіантів реалізації; виготовлення математичної моделі або інший варіант її опису; розробка прототипу; дослідження характеристик математичної моделі прототипу і визначення його слабких місць; внесення правок до конструкції або до принципу роботи прототипу; вибір оптимального варіанту реалізації ідеї та виготовлення прототипу; дослідження основних характеристик прототипу і визначення потенційних слабких місць; за умови, що обраний прототип задовольняє дослідника або замовника за своїми характеристиками і параметрами – розроблення технології виготовлення та впровадження проекту, інакше доопрацювання та перехід до відповідного попереднього пункту. Тому важливими є питання дослідження етапів 3D друкування від розробки прототипу до його виготовлення в приладо- та машинобудуванні.

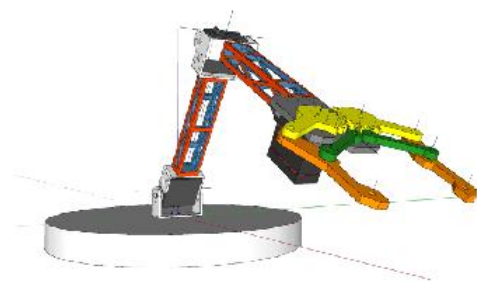


Рис. 1. 3D модель прототипу.

Під прототипом зазвичай розуміють об'єкт що за своїми характеристиками або методом роботи повністю або частково повторює принцип роботи всього механізму або окремої його частини. Таким чином можна виділити декілька видів прототипів: зменшена копія об'єкту в масштабі, що повторює принцип його

роботи (наприклад мініатюрний механічний захват, що зображений на рисунку 1); структурний прототип, що імітує принцип роботи механізму або його частини; чистовий прототип, що зібраний та готовий до використання і конструктивно близький до завершення або завершений об'єкт, який повторює спроектовані розміри, й готовий до польових випробувань.

При виконанні будь-якої наукової або проектної роботи, що пов'язана з моделюванням та подальшим виготовленням прототипу та його дослідженням, одним з найбільш трудомістких та складних етапів є розробка та продумування концепту. Тут перед дослідником постає задача отримання максимально простої деталі або механізму, що виконує поставлену перед нею функцію. Зважаючи на досвід наших попередників можна бачити, що саме цей процес займає левову частку часу від всієї роботи, адже в більшості випадків перевірити основні параметри моделі і виявити непомітні на папері недоліки можливо лише після виготовлення прототипу. Наприклад, дослідження руху деталей у складних механізмах вимагало проведення титанічної роботи. На щастя в реаліях сьогодення, завдяки комп'ютеризації та розповсюдження відносно простого в використанні програмного забезпечення типу САПР, можна досить легко виготовити 3D модель всіх деталей обраного механізму та досить просто виконати дослідження його руху. До такої можна віднести системи SolidWorks та CREOParameetric, набір функцій яких найбільш широко покриває потреби проектувальника. Такий підхід ще на етапі проектування дозволяє визначити недоліки механізму і в короткі строки внести корективи в його креслення. Після цього обирають метод виготовлення прототипу. Сучасні технології 3Dдруку дозволяють швидко, просто, а головне дешево, виготовити складні за конфігурацією деталі (наприклад, косозубі шестерні, черв'ячні вали) з використанням лише одного верстата. При цьому одночасно можна виготовити декілька різних за конфігурацією деталей, або ж взагалі весь механізм, якщо він малих розмірів.

Після виготовлення прототипу необхідно перевірити його характеристики. Для оцінки виконання виготовленою конструкції поставлених перед нею задач або необхідності усунення недоліків й відповідного покращення використовують різні методи. Проте в більшості випадків обмежуються вимірюванням критичних параметрів механізму та збиранням статистичної інформації про його роботу. Також на цьому етапі можна переглянути та видозмінити конструкцію механізму відносно найбільш невдалих його складових.

Наступним етапом є вибір оптимального варіанту виготовлення виробу. Зазвичай такий вибір є досить складним, адже необхідно виконати аналіз всіх варіантів виготовлення та придбання складових частин приладу або механізму й обрати найбільш дешеві та водночас найбільш якісні варіанти. Також на прототипі можна відпрацювати виготовлення певних складових частин та їх складання для отримання готового механізму.

Для використання в навчальних дослідженнях найбільш доцільно використовувати систему SolidWorks, тому що дана система є простою в опануванні і в більшості випадків інтуїтивно зрозумілою. До її переваг в

порівнянні з аналогами можна віднести можливість експортувати спроектовані деталі в форматі STL, використовуючи при цьому високий ступінь дискретизації. Це позитивно впливає на якість виготовлених деталей з отриманої моделі. За допомогою цієї системи можна розробити 3Dмоделі складових механізму, зібрати їх й виконати дослідження взаємодії та рух цих деталей. Для навчального проектування реалізація прототипу є досить важливим кроком, котрий вимагає добрих вмінь по роботі з різними матеріалами і, відповідно, виготовлення складових частин механізму. Проте, не завжди навички проектувальника дозволяють це зробити, а виготовлення деталей на замовлення займає багато часу і коштів. В більшості випадків, якщо говорити про симуляцію механізму, його можна зібрати в масштабі, та в декілька раз зменшити навантаження на його проблемні точки. В такому випадку найбільш доцільно виготовити деталі прототипу на 3D принтері [2].

Сьогодні технологія 3D друку дозволяє досить швидко і просто виготовити деталі будь-якої конфігурації. За умови відносно низької вартості матеріалів такий спосіб виготовлення є оптимальним для навчальних робіт. В основному недоліки 3D друку пов'язані з неправильним вибором температурних режимів роботи або налаштувань слайсера. Часто для забезпечення правильної роботи механізму або його прототипу важливим є отримання необхідних значень шорсткості поверхонь [3]. З врахуванням принципу 3D друку шорсткість отриманих деталей в різних напрямках вимірювання буде відрізнятися. На рисунку 2 показана структура надрукованої поверхні, а на рисунку 3 – профілограма поверхні.

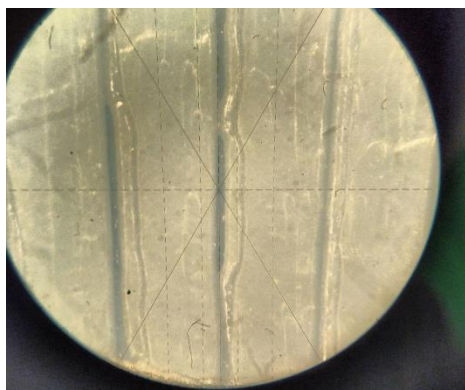


Рис. 2. Структура поверхні що отримана 3Dдруком.

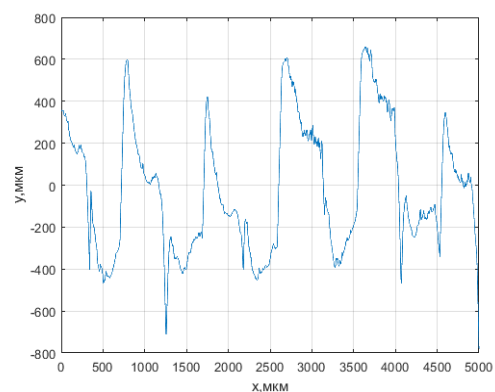


Рис. 3. Профіль поверхні, що отримана 3Dдруком.

Проведені дослідження показали, що найбільше на шорсткість отриманих поверхонь впливає швидкість друку деталі. Це можна пояснити тим, що виплавлена пластикова нитка залишається достатньо розігрітою для до моменту наступного проходу принтера.

Для прототипів виконаних 3D друком важливим етапом отримання якісної деталі є визначення і виправлення недоліків друку шляхом пост оброблення. Це дозволяє виправити основні недоліки поверхонь і допомагає при складанні механізму. Перед складанням виробу доцільно виконати перевірку отриманих

складових виробу, а саме їх розмірних характеристик, шорсткості робочих поверхонь перед заключним складанням прототипу. При складанні прототипів або механізмів малих розмірів слід враховувати крихкість матеріалу, не допускаючи надмірних зусиль при складанні. Перед виконання з'єднання типу «отвір-вал» при перехідних посадках рекомендується оброблювати з'єднувані поверхні наждаком середнього або дрібного зерна. Це полегшує процес їх з'єднання й зменшує можливе пошкодження з'єднаних деталей. При проектуванні таких деталей і підготовки їх до друку необхідно враховувати коефіцієнт усадки використовуваного пластику й виконати відповідні корегування креслень [1].

## ВИСНОВКИ

Прототипування дозволяє за короткий час виконати симулювання процесу роботи механізму, виявити суттєві його недоліки, й виправити їх за відносно короткий час. В цьому суттєво допомагає можливість швидко й дешево виготовити прототип, що значно пришвидшує процес роботи над проектом. Цьому сприяють сучасні технології математичного 3D моделювання і 3D проектування, а також прогресивні технології виготовлення деталей в вигляді 3D друк та його різновидів. Важливим при цьому є проведення досліджень з метою визначення впливу параметрів процесу 3D друку на характеристики якості отриманих деталей

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Яригін В.А. Аналіз параметрів, що впливають на якість 3d друку / В.А Яригін., С.П. Вислоух // *Materials of the 20th International Scientific and Technical Seminar "Modern questions of production and repair in industry and in transport"*, March 23-29, 2020, Kosice, Tbilisi, Georgia. – С. 180-183.
- [2] Чонка Е.Я. Аналіз точності формування поверхонь деталей виготовлених на 3d-принтері / Е. Я Чонка, В.С. Антонюк // *Збірник праць XV Науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні»*, 10-11 грудня 2019 року – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Центр учбової літератури. – 2019. – С. 197-200.
- [3] Яригін В.А. Методологія покращення характеристик міцності деталі, що виготовлена методом 3D друку // В.А Яригін., С.П Вислоух.// *Збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент»*, 6–9 листопада 2019 р. –Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка». – С. 209-213.